

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP410252754A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10252754 A  
TITLE: SUPERCONDUCTIVE BEARING  
PUBN-DATE: September 22, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKAHATA, RYOICHI

KAMENO, HIRONORI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

KOYO SEIKO CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09064291

APPL-DATE: March 18, 1997

INT-CL (IPC): F16C032/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the deterioration of a superconductor and reduce the interval between the superconductor and a permanent magnet by providing the superconductor on a fix section side and the permanent magnet on a rotor side, and applying the coating of varnish to the surface of the superconductor.

SOLUTION: This bearing 2 is constituted of an annular permanent magnet section 3 on a rotor 1 side and an annular superconductor section 4 on a housing side, and the vertically cylindrical second-class

superconductor 12 of the superconductor section 4 is fixed in an annular cooling tank 11. Faces of both ends in the peripheral direction of multiple arc-like slices 12a of the superconductor 12 are stuck together by an adhesive, the slightly thick coating of varnish is applied to the upper end face and inner periphery, the surface is machined after hardened to form a coating layer 13 with the prescribed thickness, and the layer 13 is likewise formed on the lower end face and outer periphery. The varnish has resilience after hardened, and no crack is generated on the layers 13 when the superconductor 12 is expanded or shrunk. Moisture infiltration and deterioration can be prevented, the layers 13 can be made thin, the interval between the superconductor 12 and permanent magnet 7 is reduced, and the supporting power of the bearing 2 can be increased.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-252754

(43)公開日 平成10年(1998)9月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 1 6 C 32/04

識別記号

Z A A

F I

F 1 6 C 32/04

Z A A Z

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平9-64291

(22)出願日 平成9年(1997)3月18日

(71)出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72)発明者 高畑 良一

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋  
精工株式会社内

(72)発明者 亀野 浩徳

大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋  
精工株式会社内

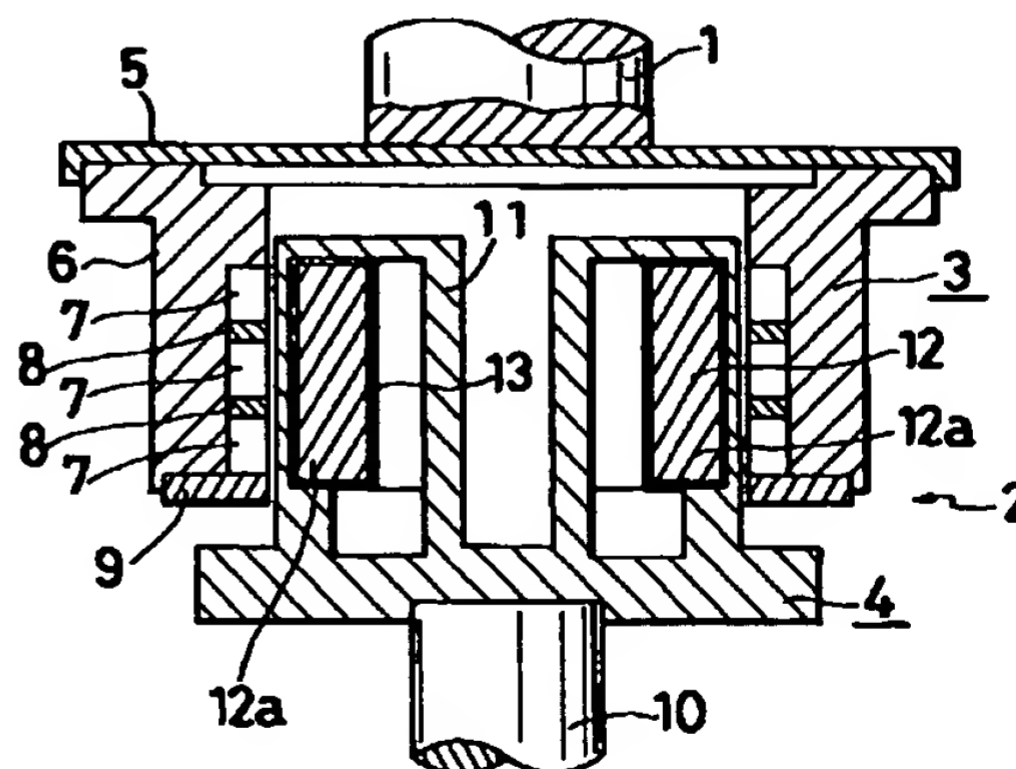
(74)代理人 弁理士 岸本 瑛之助 (外3名)

(54)【発明の名称】 超電導軸受

(57)【要約】

【課題】 超電導体の劣化を確実に防止することができ、しかも超電導体と永久磁石との間隔をできるだけ小さくすることができる超電導軸受を提供する。

【解決手段】 超電導軸受2は、固定部に対して回転体1を非接触状態に浮上させて回転支持するものであり、固定部側に設けられた超電導体12と、超電導体12に対向するように回転体1側に設けられた永久磁石7とを備えており、超電導体12の表面にワニスのコーティング層13が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】固定部に対して回転体を非接触状態に浮上させて回転支持する超電導軸受であって、固定部側に設けられた超電導体と、超電導体に対向するように回転体側に設けられた永久磁石とを備えており、超電導体の表面にワニスのコーティングが施されていることを特徴とする超電導軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、たとえば高速回転を必要とする流体機械や工作機械、または余剰電力をフライホイールの運動エネルギーに変換して貯蔵する電力貯蔵装置などに適用される超電導軸受に関する。さらに詳しくは、超電導体と永久磁石を使用して、固定部に対して回転体を非接触状態に浮上させて回転支持する超電導軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】この種の超電導軸受として、冷却により第2種超電導状態を出現する第2種超電導体、たとえば  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  などのイットリウム系超電導体を用い、超電導体のピン止め効果により永久磁石およびこれが設けられた回転体を浮上支持するものが知られている。また、このような超電導軸受においては、通常、超電導体は固定部側に設けられた冷却タンク内に配置され、永久磁石は超電導体に対向するように回転体側に設けられる。

【0003】ところで、上記のようなイットリウム系超電導体は、製造後、自然劣化して膨張し、内部にクラックが発生する。このため、周囲に水分が存在すると、これが超電導体の内部に浸入してBaと反応し、組成がくずれするという問題がある。クラックが発生しても超電導体の内部に水分が浸入しないように、従来は、超電導体の表面をエポキシ樹脂系の接着剤でコーティングすることが主流であった。超電導体に大きなピン止め効果を発揮させて超電導軸受による支持力を高めるためには、超電導体をできるだけ永久磁石に接近させて、永久磁石から発せられる磁束ができるだけ多く超電導体内に侵入するようにする必要がある。一方、超電導体は冷却タンクの壁と表面のコーティングを介して永久磁石に対向するため、この壁とコーティングの厚さの分だけ超電導体と永久磁石との間隔が大きくなる。また、冷却タンクは、通常、真空雰囲気中に配置され、タンク内には冷却流体として液体窒素などが大気圧で供給される。このため、タンク内の圧力が周囲の圧力より高くなり、この圧力によりタンクが変形しやすくなる。これを防止するためには、タンクの壁をある程度厚くする必要がある。したがって、超電導体と永久磁石との間隔を小さくするには、超電導体の表面のコーティングの厚さをできるだけ薄くするのが望ましい。ところが、超電導は低温雰囲気中で使用されるため、コーティングを薄くすると、これに割

れが生じやすくなり、この部分から超電導体の劣化が進むという問題がある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、上記の問題を解決し、超電導体の劣化を確実に防止することができ、しかも超電導体と永久磁石との間隔をできるだけ小さくすることができる超電導軸受を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段および発明の効果】この発明による超電導軸受は、固定部に対して回転体を非接触状態に浮上させて回転支持する超電導軸受であって、固定部側に設けられた超電導体と、超電導体に対向するように回転体側に設けられた永久磁石とを備えており、超電導体の表面にワニスのコーティングが施されていることを特徴とするものである。

【0006】ワニスは硬化後も弾力性を有し、コーティングの厚さを薄くしても、超電導体が膨張した場合や超電導体を低温雰囲気中で使用した場合にコーティングに割れが生じない。このため、水分が超電導体内に浸入してこれを劣化させることを確実に防止することができる。そして、コーティングの厚さを薄くすることにより、超電導体と永久磁石との間隔を小さくすることができる。

【0007】このように、この発明の超電導軸受によれば、コーティングの厚さを薄くしても超電導体の劣化を確実に防止することができ、コーティングの厚さを薄くすることによって超電導体と永久磁石との間隔を小さくすることができる。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明を電力貯蔵装置に適用した実施形態について説明する。

【0009】図1は、電力貯蔵装置の超電導軸受の部分を示している。この電力貯蔵装置は、たとえば、余剰電力を回転運動エネルギーに変換して貯蔵しておくためのフライホイールが設けられた鉛直軸状の回転体(1)、運転時に回転体(1)を軸方向(アキシアル方向)および径方向(ラジアル方向)に非接触支持するための超電導軸受(2)、運転時に回転体(1)を径方向に非接触支持するための上下2組のラジアル磁気軸受、起動時に回転体(1)を軸方向に支持しておくためのアキシアル磁気軸受、電力貯蔵時に回転体(1)を高速回転させる電動機として電力取出し時に発電機として機能する内蔵型の発電兼用電動機などを備えており、これらが固定部を構成するハウジングの内部に配置されている。ハウジングの内部は、風損を防ぐため、真空状態に保持されている。ハウジング、回転体(1)のフライホイールの部分、ラジアル磁気軸受、アキシアル磁気軸受、電動機などについては、公知の構成を採用するので、図示および説明は省略する。

【0010】超電導軸受(2)は、回転体(1)の下部を軸方向および径方向に非接触支持するものであり、回転体(1)の下端部に同心状に設けられた環状永久磁石部(3)および永久磁石部(3)と径方向に対向するようにハウジング側に設けられた環状超電導体部(4)よりなる。

【0011】回転体(1)の下端部に水平支持円板(5)が固定され、その下面に永久磁石部(3)が固定されている。永久磁石部(3)は、回転体(1)と同心になるように円板(5)の下面に固定された鉛直円筒状の支持筒(6)を備えており、支持筒(6)の内周に、上下複数の環状永久磁石(7)が環状スペーサ(8)を介して配置され、支持筒(6)の下端面に固定された環状係止部材(9)により固定されている。たとえば、各永久磁石(7)は軸方向の両端面に磁極を有し、上下に隣接する永久磁石(7)の対向する磁極が同極性となるように配置されている。この場合、スペーサ(8)が鉄製ヨークであると、このヨークが磁極となる。また、永久磁石(7)は回転体(1)と同心状に配置され、回転体(1)の回転軸心の周囲における永久磁石(7)の磁束分布が回転体(1)の回転によって変化しないようになされている。

【0012】詳細な図示は省略したが、ハウジングの下部の適当箇所に、回転体(1)と同心の鉛直な支持軸(10)が上下方向の位置の調整ができるように設けられている。支持軸(10)の上部はハウジングの底壁を貫通してその内部に入っており、この支持軸(10)の上端面に超電導体部(4)が固定されている。超電導体部(4)は、回転体(1)と同心になるように支持軸(10)の上端面に固定された環状の冷却タンク(11)を備えている。タンク(11)は鉛直な二重円筒状をなし、その上側の大部分が永久磁石部(3)の永久磁石(7)の内側に径方向にわずかな空隙をあけてはめられている。永久磁石(7)に対向するタンク(11)の外側周壁は肉厚が薄くなっており、この部分の内側のタンク(11)内に鉛直円筒状の第2種超電導体(12)が固定されている。超電導体(12)は、たとえばイットリウム系超電導体、たとえば $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ からなるバルクの内部に常電導粒子( $Y_2BaCu$ )を均一に混在させたものからなり、第2種超電導状態が出現する環境下において、永久磁石(7)から発せられる磁束侵入を拘束する性質を有するものである。そして、超電導体(12)は、上記のように配置されることにより、永久磁石(7)の磁束が所定量浸入する離隔位置であってかつ回転体(1)の回転によって侵入磁束の分布が変化しない位置に配置されている。図示は省略したが、タンク(11)は適当な冷却装置に接続されており、この冷却装置により、タンク(11)内をたとえば液体窒素からなる冷却流体が循環させられ、タンク(11)内に満たされる冷却流体により超電導体(12)が冷却されるようになっている。

【0013】上記の電力貯蔵装置は、たとえば、次のようにして起動される。

【0014】まず、ラジアル磁気軸受およびアキシアル

磁気軸受を作動状態にし、回転体(1)を径方向および軸方向に非接触支持して、所定の運転位置に浮上させる。次に、支持軸(10)の上下方向の位置を調整して、超電導軸受(2)の超電導体(12)を永久磁石(7)の内側に位置させ、冷却タンク(11)に冷却流体を供給し、超電導体(12)を所定の温度まで冷却して第2種超電導状態を出現する超電導状態に保持する。永久磁石(7)から発せられる磁束がその内側に位置する超電導体(12)の内部に侵入している状態で、超電導体(12)を冷却(磁場冷却)して第2種超電導状態にすると、超電導体(12)の内部に侵入していた磁束の多くがそのまま超電導(12)の内部のピン止め点にピン止めされて、超電導体(12)の内部に拘束される。次に、ラジアル磁気軸受とアキシアル磁気軸受により回転体(1)を運転位置に保持した状態で、支持軸(10)を上昇させて、超電導体(12)を上昇させる。アキシアル磁気軸受により回転体(1)を運転位置に保持した状態で、作動状態になった超電導軸受(2)の超電導体(12)を上昇させると、超電導軸受(2)による軸方向上向きの支持力が徐々に大きくなり、その分、アキシアル磁気軸受による支持力が徐々に小さくなる。そして、アキシアル磁気軸受による支持力が零になった時点で、超電導体(12)をその位置に停止させる。これにより、回転体(1)の重量が超電導軸受(2)のみによって支持され、回転体(1)は超電導軸受(2)とラジアル磁気軸受により運転位置に非接触支持されるので、電動機を駆動して、回転体(1)を高速回転させる。このとき、超電導体(12)に侵入した磁束は、磁束分布が回転体(1)の回転軸心に対して均一で不変である限り、理想的には回転を妨げる抵抗とはならない。

【0015】図2に、超電導軸受(2)の超電導体(12)の1例が示されている。

【0016】この超電導体(12)は複数個(この例では6個)の同形の弧状切片(12a)を接着することにより一体化されて円環状をなすものであり、その全表面に、ワニスのコーティング層(13)が形成されている。コーティング層(13)は、超電導体(12)の内部への水分などの侵入を防止するためのものである。

【0017】超電導体(12)は、たとえば、次のようにして製造される。

【0018】まず、適当な大きさの超電導体を加工して、各切片(12a)を形成するための複数個の同形の超電導体単体を作る。各単体は、横断面が等脚台形状をなすものである。次に、複数の単体の台形の斜辺に相当する面同志を密着させて、正多角形の環状素材を作り、適当な治具を用いて固定する。各単体の軸方向の厚さ(軸方向の両端面間の距離)は、超電導体(12)の軸方向の厚さと同じ寸法にしておく。また、環状素材の横断面において、内周の正多角形に外接する円の直径は超電導体(12)の内径より小さく、外周の正多角形に内接する円の直径は超電導体(12)の外径より大きくしておく。次に、治具

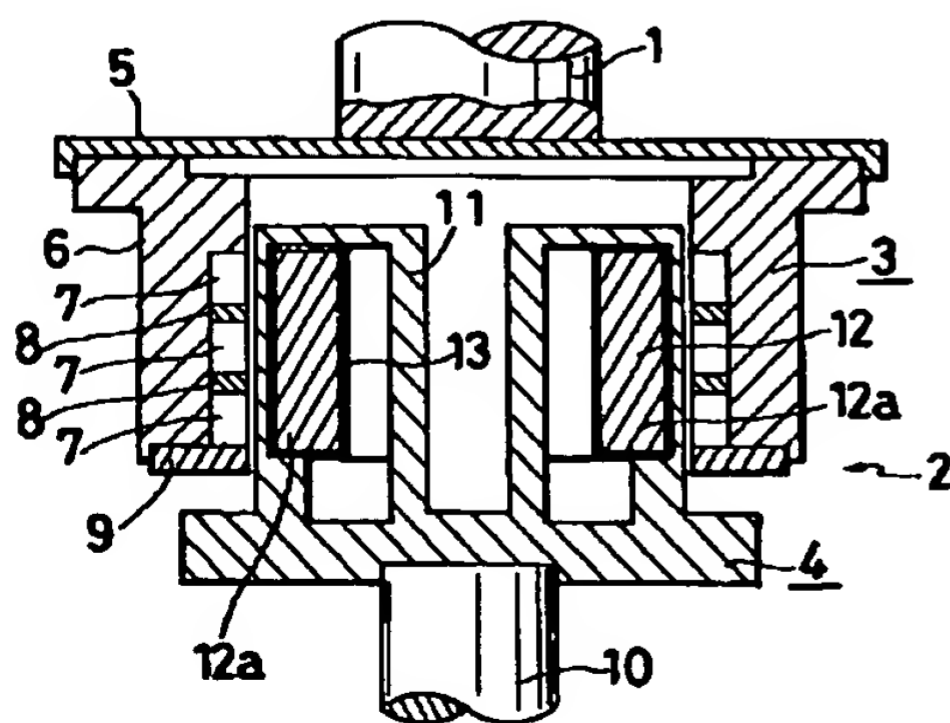
で固定した環状素材の外周を、その長さ方向の端面を基準にして、円形に加工し、環状素材の外径を超電導体(12)の外径に等しくする。次に、環状素材を別の治具で固定し、その内径が超電導体(12)の内径に等しくなるまで、その端面と前に加工した外周面を基準にして環状素材の内周を円形に加工し、複数の弧状切片(12a)を作る。次に、これらの切片(12a)の周方向両端の面同志を接着剤を用いて接着し、円環状の超電導体(12)を作る。次に、超電導体(12)の下端面側の外周を治具で固定して、その上端面と内周面にワニスを少し厚めにコーティングし、ワニスの硬化後に、その表面を加工して、所定厚さのコーティング層(13)を形成する。そして、最後に、超電導体(12)の上端面側の内周を治具で固定して、その下端面と外周面にワニスを少し厚めにコーティングし、ワニスの硬化後に、その表面を加工して、所定厚さのコーティング層(13)を形成する。

【0019】上記の超電導体(12)は複数の切片(12a)より構成されているので、均質で大型の超電導体(12)を得ることができる。

【0020】ワニスは硬化後も弾力性を有し、コーティング層(13)の厚さを薄くしても、超電導体(12)が膨張した場合や超電導体(12)を低温雰囲気中で使用した場合でも、コーティング層(13)に割れが生じない。このため、水分が超電導体(12)内に侵入してこれを劣化させることを薄いコーティング層(13)によって確実に防止することができ、コーティング層(13)の厚さを薄くすることにより、超電導体(12)と永久磁石(7)との間隔を小さくして、超電導軸受(3)の支持力を大きくすることができる。

【0021】コーティング層(13)の厚さは、超電導体(12)の膨張や低温雰囲気中での使用により割れが生じない

【図1】



ような所定の強度を有する範囲内において、できるだけ薄くするのが望ましい。このような観点より、コーティング層(13)の厚さは、0.01~0.15mmが望ましく、この例では約0.10mmである。

【0022】電力貯蔵装置の全体構成、超電導軸受の構成などは、上記実施形態のものに限らず、適宜変更可能である。

【0023】上記実施形態では、超電導軸受(2)の永久磁石(7)と超電導体(12)が径方向(水平方向)に対向しているが、これらは軸方向(上下方向)に対向することもある。また、上記実施形態では、超電導体(12)は複数の切片(12a)より構成されているが、1個の超電導体より一体に形成されてもよい。

【0024】超電導軸受には、冷却により第1種超電導状態を出現する第1種超電導体を使用し、第1種超電導体の第1種超電導状態における完全反磁性現象(マイスナー効果)を利用して回転体を非接触支持するものもあるが、この発明は、このような第1種超電導体を使用した超電導軸受にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、この発明の実施形態を示す電力貯蔵装置の超電導軸受の部分の概略縦断面図である。

【図2】図2は、超電導軸受の超電導体を示す一部切欠き斜視図である。

【符号の説明】

- |      |         |
|------|---------|
| (1)  | 回転体     |
| (2)  | 超電導軸受   |
| (7)  | 永久磁石    |
| (12) | 超電導体    |
| (13) | コーティング層 |

【図2】

